

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020020018328 A
(43)Date of publication of application: 08.03.2002

(21)Application number: 1020000051603
(22)Date of filing: 01.09.2000
(30)Priority: ..
(51)Int. Cl H04B 15/00

(71)Applicant: LG ELECTRONICS INC.
(72)Inventor: SIM, DONG HUI

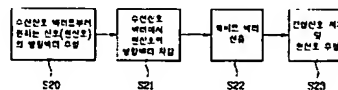
(54) METHOD FOR REMOVING INTERFERENCE SIGNAL IN CDMA SYSTEM USING ANTENNA ARRAY

(57) Abstract:

PURPOSE: A method for removing an interference signal in a CDMA(Code Division Multiple Access) system using an antenna array is provided to remove the interference signal using an algorithm in which small computational complexity is requested.

CONSTITUTION: If a receiving signal vector is composed, a directional vector of an original signal is stated using a power method from the receiving signal vector of an antenna array(S20). The directional vector of the original signal is removed from the receiving signal vector of the antenna array

for preventing that the original signal is removed by an interference signal removing algorithm(S21). A weight vector of the antenna array is calculated using the interference signal removing algorithm for satisfying a minimum mean square value of a cost function(S22). A gain and a phase to be multiplied with each component of the receiving signal vector of the antenna array are calculated and the calculated weight vector is multiplied with each component of the receiving signal vector for estimating an interference signal(S23).



copyright KIPO 2002

Legal Status

Date of request for an examination (20050831)
Notification date of refusal decision (00000000)
Final disposal of an application (registration)
Date of final disposal of an application (20070423)
Patent registration number (1007343470000)
Date of registration (20070626)
Number of opposition against the grant of a patent ()
Date of opposition against the grant of a patent (00000000)

Number of trial against decision to refuse ()

Date of requesting trial against decision to refuse ()

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. 7
H04B 15/00

(11) 공개번호 특2002-0018328
(43) 공개일자 2002년03월08일

(21) 출원번호 10-2000-0051603
(22) 출원일자 2000년09월01일

(71) 출원인 엘지정보통신주식회사
서평원
서울 강남구 역삼1동 679

(72) 발명자 심동희
서울특별시관악구신림8동1664-13번지103호

(74) 대리인 강용복
김용인

심사청구 : 없음

(54) 안테나 어레이를 이용한 C D M A 시스템에서의 간섭신호제거 방법

요약

본 발명은 스마트 안테나에 관한 것으로, 특히 적응 어레이 안테나를 사용하는 CDMA 시스템에서의 간섭 신호를 제거하는 방법에 관한 것이다. 이와 같은 본 발명에 따른 안테나 어레이 시스템에서 간섭과 잡음의 영향을 줄여주기 위한 웨이트 벡터를 매 스냅샷마다 제공하는 신호처리 방법에 있어서, 안테나 어레이의 수신신호 벡터로부터 원하는 신호(원신호)의 방향벡터를 추정하여 상기 안테나 어레이의 수신신호 벡터에서 이 원하는 신호(원신호)의 방향벡터를 차감하는 단계와, 기준 안테나의 수신신호 벡터를 추정하여, 이 기준 안테나의 수신신호 벡터에서 상기 차감된 안테나 어레이의 수신신호 벡터에 웨이트 벡터가 곱해진 값을 차감한 값이 최소 평균 자승을 만족하는 웨이트 벡터를 산출하는 단계와, 상기 산출된 웨이트 벡터를 허미션(Hermitian) 연산한 결과값과 상기 차감된 안테나 어레이의 수신신호 벡터의 곱에 의해 간섭 신호를 추정하는 단계와, 상기 기준 안테나의 수신신호 벡터로부터 상기 추정된 간섭 신호를 제거하는 단계를 포함하여 이루어진다. 따라서, 본 발명은 $O(N)$ 의(N : antenna array에서 antenna element의 수) 계산량을 가지기 때문에 실시간 처리가 가능하고, 기존의 방향 추정 기술인 MUSIC에서 필요로 하는 잡음 성분의 자기 상관 행렬을 추정할 필요가 없다.

대표도
도 2

색인어

원신호, 자기상관 행렬, 신호 제거 행렬, 기준 안테나의 수신신호, 웨이트 벡터, 비용 함수,

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 기술에 따른 MUSIC 알고리즘을 도시한 도면.

도 2는 본 발명에 따라 원신호로부터 간섭신호를 제거하기 위한 알고리즘을 도시한 도면.

도 3은 본 발명에 따라 원신호로부터 간섭신호를 제거하기 위한 알고리즘을 수학식을 이용하여 재도시한 도면.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 스마트 안테나에 관한 것으로, 특히 적응 어레이 안테나를 사용하는 CDMA 시스템에서의 간섭 신호를 제거하는 방법에 관한 것이다.

일반적으로, 무선통신을 행할 때, 수신되는 신호에는 원하는 신호(이하 "원신호"라 칭함)와 간섭신호가 함께 존재하며, 통상 한 개의 원신호에 대해 다수의 간섭신호가 존재한다. 이러한 간섭신호에 의한 통신왜곡의 정도는 원신호 전력 대 모든 간섭신호 전력의 합에 의해 결정되므로, 원신호의 레벨이 간섭신호 각각의 레벨보다 현저히 높은 경우에도 간섭신호의 개수가 많으면 간섭신호의 전체전력이 커져서 통신왜곡이 발생하게 된다.

종래 기술에서는 적응 안테나 어레이를 이용하여 이러한 간섭 신호를 제거하는데, 특히 간섭 신호의 방향을 추정하는데 중점을 두어 MUSIC (Multiple Signal Classification) 알고리즘을 이용하여 이를 추정하고 있다.

도 1은 종래 기술에 따른 MUSIC 알고리즘을 도시한 도면이다.

도 1에서는 안테나 어레이에 수신된 신호는 각 안테나에서 주파수 하향 변환기(Frequency Down Converter)(미도시)를 거쳐서 기저 대역(baseband)으로 천이된 후 아날로그 디지털 변환기(ADC)(미도시)를 거쳐 디지털 신호로 바뀌고 복조기(Demodulator)(미도시)를 거쳐서 복조된다.

그리고, MUSIC 알고리즘을 이용하여 이 복조된 신호의 간섭 신호 방향을 추정하기 위하여 상기 복조된 공간상의 각도 정보를 포함하고 있는 안테나 어레이의 신호 벡터로부터 자기 상관 행렬을 구성한 후(S10), 구성된 자기 상관 행렬로부터 고유치 분리(Eigen Decomposition)를 실시하여 신호의 자기상관 행렬과 잡음의 자기상관 행렬로 분리하는 과정을 수행한다.(S11)

신호 벡터의 자기 상관 행렬을 신호 성분과 잡음 성분으로 분리한 후 잡음의 고유벡터(eigenvector)들의 합을 이용하여(S12) 잡음 신호의 공간상의 스펙트럼을 계산하고(S13), 이 공간상의 스펙트럼의 최대치로부터 신호의 입사각을 추정한다.(S14)

[참고문헌]

[1] R. O. Schmidt Multiple emitter location and signal parameter estimation, IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-34, pp. 276-280, 1986

스마트 안테나 시스템에서 신호의 과형 및 신호 성분을 추출해 내는데 있어서 방향 추정은 매우 중요한 과정이다. 따라서, 고 분해능(high resolution) 방향 추적 방법이 요구되는데 특히, 고유치에 근간한 방법 중 MUSIC은 안테나 어레이로 수신된 신호의 자기 상관 행렬을 고유치 분리(Eigen Decomposition)해야 하고, (만약 자기 상관 행렬이 풀 랭크 [full rank]가 아닐 경우에는 Singular Value Decomposition 해야 한다.) 이것으로부터 스펙트럼상의 최대값들로부터 입사각을 추정해야 하기 때문에(MUSIC) 매우 많은 계산량이 요구된다.

아울러 이 추정된 각으로부터 다시 신호성분과 잡음성분의 고유치들을 비교해 분리해야 하므로 추가되는 계산량이 요구된다.

또한, 원래의 MUSIC 알고리즘에는 원신호와 간섭 신호를 분리하는 기술이 없기 때문에 이 과정을 신호의 특성을 이용하여 추가하여야 하며, 간섭 신호와 원신호간의 구분 방법도 별도로 필요로 하는 문제점이 있다.

기존 방향 추적 기법을 간섭신호의 방향을 추정하는데 사용하더라도 실제로 간섭 신호를 제거하기 위해서는 방향 추적을 통해서 얻어진 간섭 신호의 방향 정보로부터 간섭 신호 방향 벡터를 다시 구성해야 하며 간섭 신호 성분을 제거하기 위해서는 원신호의 방향 벡터에서 간섭 신호의 방향 벡터를 차감하여 제거해야 하는 어려움이 있으므로, 실제로 간섭신호를 제거하는 데 있어 그 복잡도는 더욱 증가하게 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 종래 기술의 문제점을 감안하여 안출한 것으로서, 적은 계산량이 요구되는 알고리즘을 이용하는 안테나 어레이를 이용한 CDMA 시스템에서의 간섭신호 제거 방법을 제공하기 위한 것이다.

이상과 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 방법상 특징에 따르면, 안테나 어레이 시스템에서 간섭과 잡음의 영향을 줄여주기 위한 웨이트 벡터를 매 스냅샷마다 제공하는 신호처리 방법에 있어서, 안테나 어레이의 수신신호 벡터로부터 원하는 신호(원신호)의 방향벡터를 추정하여 상기 안테나 어레이의 수신신호 벡터에서 이 원하는 신호(원신호)의 방향 벡터를 차감하는 단계와, 기준 안테나의 수신신호 벡터를 추정하여, 이 기준 안테나의 수신신호 벡터에서 상기 차감된 안테나 어레이의 수신신호 벡터에 웨이트 벡터가 곱해진 값을 차감한 값이 최소 평균 자승을 만족하는 웨이트 벡터를 산출하는 단계와, 상기 산출된 웨이트 벡터를 허미션(Hermitian) 연산한 결과값과 상기 차감된 안테나 어레이의 수신신호 벡터의 곱에 의해 간섭 신호를 추정하는 단계와, 상기 기준 안테나의 수신신호 벡터로부터 상기 추정된 간섭 신호를 제거하는 단계를 포함하여 이루어진다.

바람직하게, 상기 원신호의 방향벡터 추정은 갱신 인덱스 m 이 무한대로 발산한다고 가정하는 경우에 수신신호 벡터의 자기 상관 행렬과 σ_n^2 의 곱을 이 곱의 절대값으로 나누어 구해지는 값이 수렴하는 값을 이용하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 안테나 어레이의 수신신호 벡터 $\underline{x}(k)$ 의 자기상관 행렬 $R(x)$ 은, 0에서 1의 값을 갖는 망각인자 α 와 스냅샷 인덱스 k 와 허미션(Hermitian) 연산자 H 에 대해 " $\underline{x}(k)$ "의 관계를 갖는 것을 특징으로 한다.

상기 안테나 어레이의 수신신호 벡터로부터 원신호의 방향 벡터를 차감한 값은 원신호의 입사각 θ_1 에 대해 $z_1 = e^{j\theta_1}$ 의 값을 갖는 신호 제거 행렬 " $\begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$ "에 안테나 어레이의 수신신호 벡터를 곱하여 구해지는 것을 특징으로 한다. 여기에서 상기 신호 제거 행렬과 원신호의 방향 벡터의 곱은, 임의의 간섭 신호의 입사각 θ 와 원신호의 입사각 θ_1 에 대해 " z_1 "의 관계를 만족하는 $\alpha(\theta)$ 와 안테나 어레이의 일반적인 수신 방향 벡터인과 같은 관계를 가지며 그 크기가 $N-1$ 인 행렬과의 곱과 같은 값을 갖는다.

그리고, 상기 웨이트 벡터는 상기 차감된 안테나 어레이 수신신호 벡터와 이 수신신호 벡터의 허미션(Hermitian) 연산 값과의 곱을 평균한 값의 역행렬과, 상기 차감된 안테나 어레이 수신신호 벡터와 상기 기준 안테나의 수신신호 벡터의 공액 복소수와의 곱을 평균한 값의 곱에 의해 구해지는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

이하 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 구성 및 작용을 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.

도 2는 본 발명에 따라 원신호로부터 간섭신호를 제거하기 위한 알고리즘을 도시한 도면이다.

도 2를 참고하면, 안테나 어레이에 수신된 신호는 각 안테나에서 주파수 하향 변환기(Frequency Down Converter)(미도시)를 거쳐서 기저 대역(baseband)으로 천이된 후 아날로그 디지털 변환기(ADC)(미도시)를 거쳐 디지털 신호로 바뀌고 복조기(Demodulator)(미도시)를 거쳐서 복조된다.

본 발명에서는 상기 각 안테나의 복조기(Demodulator)를 거친 신호들을 벡터로 구성하여 수신 신호 벡터를 생성한다.

상기 수신 신호 벡터가 구성되면 원신호의 방향 벡터를 안테나 어레이의 수신신호 벡터로부터 "Power Method" 기법을 이용하여 추정한다.(S20)

그 후 간섭 신호 제거 알고리즘을 이용하여 간섭신호를 제거하기에 앞서 간섭 신호 제거 알고리즘에 의해 원신호까지 함께 제거되는 것을 방지하기 위하여 원신호의 방향벡터를 안테나 어레이 수신 벡터에서 제거한다.(S21)

원신호의 방향 벡터를 안테나 어레이 수신 벡터에서 제거한 후 본 발명의 간섭 제거 알고리즘을 이용하여 비용함수의 최소 평균 자승의 값을 만족하는 안테나 어레이의 웨이트 벡터를 계산한다.(S22)

상기 웨이트 벡터는 원신호의 방향 벡터가 사라진 어레이 수신 벡터의 각 성분에 곱해줄 이득과 위상을 계산하고 구해진 웨이트 벡터를 원신호의 방향 벡터가 사라진 어레이 수신 벡터의 각 성분에 곱함으로써 간섭 신호를 추정하게 된다.(S23)

이와 같이 간섭 신호가 추정되면 원래의 안테나 어레이 수신 벡터 중 기준 안테나에서 수신된 신호 성분에서 추정된 간섭 신호를 차감하여 간섭 신호를 제거할 수 있게 된다.

이와 같은 방식에 의한 본 발명을 설명하기에 앞서 먼저 원신호 방향으로는 최대의 이득을 그리고 기타 잡음원의 이득을 최소화하는 빔 패턴형성에 관한 기본원리를 소개하기로 한다.

일반적으로 안테나 어레이의 안테나 개수를 N, 원신호 및 간섭 신호들을 포함하는 신호원의 개수를 d라고 할 때, m번째 안테나에서 수신된 신호는 다음 수학식 1과 같이 표시할 수 있다.

수학식 1

$$x_m(t) = \sum_{k=1}^d s_k(t) e^{-j(m-1)\lambda \sin\theta_k} + n_m(t)$$

여기서 $s_k(t)$ 는 기준 안테나에서 수신된 k번째 송신된 신호를, θ_k 는 k번째 신호의 입사각을, $n_m(t)$ 는 m번째 안테나에서의 잡음 성분을 나타낸다.

즉, 상기 수학식 1은 인접한 안테나 소자간의 거리를 $\lambda/2$ (단, λ_c 는 입력신호의 캐리어주파수의 파장)로 정한 선형 배열 안테나인 경우, m번째 안테나 소자에 유기되는 신호를 나타내는 식으로써, 본 발명에서는 설명상의 편의를 위하여 상기와 같은 식을 이용하였다. 그러므로, 본 발명에서 설명하고자 하는 알고리즘은 비선형 배열 안테나에도 적용 가능하다.

또한, 상기 수학적 식 1에서 d개의 신호 중 어느 하나가 원신호이며(본 발명에서는 편의상 첫 번째 신호 $s_1(t)$ 를 "원신호"라 하고 원신호의 입사각은 θ_1 이라 한다), 나머지 d-1개의 신호는 간섭신호로써 잡음 $n_m(t)$ 와 함께 통신을 방해하는 요소이다.

상기 수학적 식 1을 모든 안테나에 대해서 벡터 표현으로 나타내면 일반적으로 $\underline{x}(t) = A\underline{s}(t) + \underline{n}(t)$ 로 쓸 수 있는데, 이 때 $\underline{x}(t)$ 와 $\underline{n}(t)$ 는 $(N \times 1)$ 벡터로 다음 수학적 식 2와, 수학적 식 3과 같이 나타낸다.

수학적 식 2

$$\underline{x}(t) = [x_1(t) x_2(t) \dots x_N(t)]^T$$

수학적 식 3

$$\underline{n}(t) = [n_1(t) n_2(t) \dots n_N(t)]^T$$

상기 $\underline{s}(t)$ 는 $(d \times 1)$ 벡터로서 다음 수학적 식 4와 같다.

수학적 식 4

$$\underline{s}(t) = [s_1(t) s_2(t) \dots s_d(t)]^T$$

또, A는 $(N \times d)$ 행렬로 A를 구성하는 그 열벡터 $\underline{a}(\theta_k)$ ($k=1,2,\dots,d$)는 안테나 어레이의 방향 벡터로서 다음 수학적 식 5와 같이 나타낸다.

수학적 식 5

$$\underline{a}(\theta_k) = [1 e^{-jN \sin \theta_k} \dots e^{-j(N-1)N \sin \theta_k}]^T$$

상기 수학적 식 1 ~ 수학적 식 5를 적용하여 상기 도 2의 흐름도를 재구성하여 설명하면 다음과 같다.

상기 수학적 식 1 ~ 수학적 식 5에서의 변수 t는 본 발명에 적용하기 위해서 도 3에서 스냅샷 인덱스 k로 치환된다.

도 3은 본 발명에 따라 원신호로부터 간섭신호를 제거하기 위한 알고리즘을 수학적 식을 이용하여 재도시한 도면이다.

도 3을 참조하면, 원신호의 방향 벡터를 추정하기 위한 신호는 기 설명한 바와 같이 안테나 어레이를 통해 수신된 신호가 각 안테나에서 주파수 하향 변환 단계를 거쳐 기저대역 신호로 변환된 후에 복조되어 수신 신호 벡터로 생성[$\underline{x}(k)$]된 신호를 이용한다.(S30)

이 수신 신호 벡터중에서 원신호의 방향 벡터를 $\underline{a}(\theta_1)$ 이라 하면 상기 수학식 5에 근거하여 $\underline{a}(\theta_1)$ 을 다음과 같이 나타낸다.

수학식 6

$$\underline{a}(\theta_1) = [1 \ e^{-j2\pi \sin\theta_1} \ \dots \ e^{-j(N-1)2\pi \sin\theta_1}]^T$$

그리고, 안테나 어레이의 자기 상관 행렬은 수신 신호 벡터 $\underline{x}(k)$ 로부터 다음 수학식 7과 같이 나타낸다.

수학식 7

$$R_x = E[R_x(k-1) \cdot \underline{x}(k) \underline{x}(k)^H]$$

이때, k는 안테나 어레이로 수신된 신호를 샘플링하는 스냅샷 인덱스를 나타내고, f는 망각인자로서 0이상 1이하의 값을 갖는다. 그리고, $\underline{x}(k)^H$ 은 $\underline{x}(k)$ 의 허미션(Hermitian) 연산을 나타낸다.

상기 원신호의 방향벡터 $\underline{a}(\theta_1)$ 을 구하기 위해 추정된 수신 신호 벡터의 자기상관 행렬을 이용해 반복적인 알고리즘을 사용할 수 있는데 그 예로는 잘 알려진 "Power method" 방식이 있고 다음과 같이 요약할 수 있다.

수학식 8

$$\underline{c}_{m+1} = \frac{R_x \underline{c}_m}{|R_x \underline{c}_m|}$$

수학식 9

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \underline{c}_{m+1} = \underline{c}$$

이때, m은 알고리즘을 갱신하는 갱신 인덱스를 나타낸다. \underline{c}_n 의 초기치, 즉, \underline{c}_0 는 임의로 설정한다.

상기 수학식 8과 수학식 9에서 임의의 \underline{c}_{m+1} 은 수신신호 벡터의 자기 상관 행렬과 \underline{c}_n 의 곱을 이 곱의 절대값으로 나누어 구해지는 값으로 갱신 인덱스 m이 무한대로 발산하는 경우에 \underline{c}_{m+1} 의 값은 원신호의 방향벡터 \underline{a} 로 수렴한다.(S31)

이와 같이 원신호의 방향 벡터를 추정된 후에는 간섭 성분을 제거하기에 앞서 안테나 어레이로 수신된 신호 벡터에서 미리 원신호의 방향 벡터를 제거한다.(S32)

즉, 신호 제거 행렬을 상기 수신신호 벡터에 곱을 하게되면 원신호의 방향벡터가 제거된 벡터를 얻게 된다. 예를 들어, 수신된 신호원에서 원신호의 방향 벡터를 미리 제거하기 위해 사용하는 신호 제거 행렬을 B라고 하면 B의 크기는 $(N-1) \times N$ 으로써, 그 성질은 다음과 같다.

(1) 원신호의 방향 벡터 θ_1 은 원신호가 입사하는 안테나 어레이의 입사각을 나타내고, θ 는 다른 간섭 신호들의 일반적인 입사각을 나타낸다.

(2) ~~원신호의 방향 벡터~~ θ_1 이 아닌, 안테나 어레이의 일반적인 방향 벡터인 θ 을 갖고, 그 크기는 $N-1$ 인 행렬이다. 이때 $\mathbf{a}(\theta)$ ($\mathbf{a}(\theta)$)는 "" 로 나타낸다.

다시 정리하면 $\mathbf{a}(\theta)$: 는 다음 수학식 10과 같이 나타낸다.

수학식 10

$\mathbf{a}(\theta)$:

($\mathbf{a}(\theta)$) :

그리고, 신호 제거 행렬 B는 다음 수학식 11과 같이 나타낸다.

수학식 11

$$\begin{bmatrix} -z_1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -z_1 & 1 & \dots & 0 \\ & \vdots & & \ddots & \\ 0 & 0 & -z_1 & & 1 \end{bmatrix}$$

이때, z_1 은 $z_1 = e^{-j\pi \sin \theta_1}$ 에 해당한다. 신호 제거 행렬 B를 사용함으로써 원신호의 방향 벡터를 간섭 신호 제거 알고리즘을 사용하기 전에 미리 제거할 수 있다.

즉, 신호 제거 행렬 B에 의해서 변환된 신호 벡터는 $\mathbf{y}(k) = \mathbf{B}\mathbf{x}(k)$ 가 되며, 이때 $\mathbf{y}(k)$ 는 그 크기가 $(N-1) \times 1$ 벡터이다.

신호 방향 벡터 제거 절차가 실행된 후에는 기준 안테나에서 수신된 신호를 추정한다.(S33) 즉, 이동통신 시스템에서 안테나 어레이를 사용할 경우 m번째 안테나에서 수신된 신호는 상기 수학식 1과 같이 나타내므로 기준 안테나에서 수신된 신호 $\mathbf{x}_1(k)$ 는 잡음 성분이 존재하는 경우 다음 수학식 12와 같이 나타낸다.

수학식 12

$$x_1(k) = \sum_{m=1}^d s_m(k) + n_m(k)$$

상기 수학식 12에서 $x_1(k)$ 는 원신호와 간섭 신호들을 합한 기준 안테나로 수신되는 모든 신호들의 합이라고 할 수 있다. 이때, $r(k) = x_1(k)$, 원신호의 방향 벡터가 제거된 수신 신호 벡터를 $y(k)$, 계산하고자 하는 안테나 어레이의 웨이트 벡터를 \underline{w} 라고 하는 경우 간섭 성분 제거 알고리즘의 기준을 다음 수학식 13과 같이 나타낸다.

수학식 13

$$\text{Min } E \{ \varepsilon(k) \}^2, \varepsilon(k) = r(k) - \underline{w}^H \underline{y}(k)$$

상기 수학식 13에서 Min은 최소치를 의미하는 것이고 E는 평균치를 의미하고, $\underline{w}^H \underline{y}(k)$ 는 간섭 신호들의 추정된 신호 벡터를 의미한다.

상기 간섭 성분 제거 알고리즘의 기준은 원신호와 간섭 신호들이 서로 상관성이 없다는 성질을 이용한 것으로, 이 성질을 이용한다면 $\underline{w}^H \underline{y}(k)$ 는 간섭 신호들의 합으로 수렴하게 될 것이다.

따라서, 기준 안테나에서 수신한 신호인 $r(k)$ 에서 간섭 신호 성분으로 수렴하는 $\underline{w}^H \underline{y}(k)$ 을 뺀 성분, 즉 $\varepsilon(k)$ 를 최소화 하는 것이 간섭 성분 알고리즘의 기준이 된다.

상기 간섭 성분 제거 알고리즘의 비용 함수는 다음 수학식 14와 같이 나타낸다.

수학식 14

$$J = E \{ r(k) - \underline{w}^H \underline{y}(k) \}^2$$

이때, $r(k)$ 는 다음 수학식 15와 같이 나타내고, $\underline{y}(k)$ 는 다음 수학식 15와 같이 나타낸다.

수학식 15

$$r(k) = \sum_{m=1}^d s_m(k) + n_m(k)$$

수학식 16

$$\underline{y}(k) = \sum_{m=2}^d s_m(k) + n_m(k) \text{ 이다.}$$

따라서, 안테나 어레이에 수신된 신호에 잡음 성분이 없는 경우 $r(k) - \underline{w}^H \underline{y}(k)$ 는 다음 수학식 17과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 17

$$r(k) - \underline{w}^H \underline{y}(k) = s_1(k) + \sum_{m=2}^d s_m(k) (1 - \underline{w}^H \underline{a}_m) \quad (0 \leq m \leq d)$$

따라서, 상기 수학식 17로부터 안테나 어레이에 수신된 신호에 잡음 성분이 없는 경우 상기 $s_m(k)$ ($K=1,2,\dots,d$)는 서로 상관이 없기 때문에 간섭 성분 제거를 위한 비용함수는 다음 수학식 18과 같이 J^* 로 다시 나타낼 수 있다.

수학식 18

$$J^* = \sum_{m=2}^d E |s_m(k)|^2 \left| 1 - \underline{w}^H \underline{a}_m \right|^2$$

상기 수학식 18에 나타낸 비용함수를 최소화하는 것은 이미 원신호의 방향 벡터는 신호 방향 벡터 제거 행렬에 의해 이미 제거되었기 때문에 원신호가 제거되는 것을 방지하면서 간섭 성분을 제거하는 유효한 알고리즘이 된다.

평균 자승 오차(mean squared error), $E |e(k)|^2$ 를 최소화하는 웨이트 벡터는 다음 수학식 19와 같이 나타낸다.

수학식 19

$$\underline{w} = R_{yy}^{-1} \underline{r}_y$$

이때, R_{yy} 는 다음 수학식 20과 같고, \underline{r}_y 은 다음 수학식 21과 같이 나타낸다.

수학식 20

$$R_{yy} = E[\underline{y}(k) \underline{y}^H(k)]$$

수학식 21

$$\underline{r}_y = E[\underline{y}(k) r^*(k)] \text{ 이다.}$$

상기 수학식 21에서 $r^*(k)$ 는 기준 안테나의 수신 신호 $r(k)$ 의 공액 복소수를 나타낸다.

상기 각 간섭 신호원들이 서로 상관이 없다는 가정하에 \underline{r}_y 는 다음 수학식 22와 같이 유도되고, \underline{w} 는 다음 수학식 23과 같이 유도된다.

수학식 22

$$r_{yy} = \sum_{m=2}^d E[s_m(k)]^2 \quad (\Theta_m)$$

수학식 23

$$w(k) = \sum_{m=2}^d E[s_m(k)]^2 R_{yy}^{-1} \quad (\Theta_m) = p_2 R_{yy}^{-1} \quad (\Theta_2)$$

$$p_3 R_{yy}^{-1} \quad (\Theta_3) + \dots + p_d R_{yy}^{-1} \quad (\Theta_d)$$

이때, p_m 는 $p_m = E[s_m(k)]^2$ 이다.

만약 웨이트 벡터, \underline{w} 가 오직 하나의 간섭 신호원만을 포함하는 경우를 가정해보자.

이때, $\underline{w} = p_2 R_{yy}^{-1} \quad (\Theta_2)$ 라고 한다면, \underline{w} 는 Θ_2 로 입사하는 간섭 신호원에 대한 최적의 웨이트 벡터가 되고, $\underline{w}^H \underline{y}(k)$ 는 간섭 신호원 $s_2(k)$ 의 추정치, $\hat{s}_2(k)$ 가 되므로 본 발명의 간섭제거 알고리즘을 사용하면 수신신호원에서 간섭신호를 제거할 수 있게된다.

실제상황에서는 여러 간섭 신호원이 포함되어 있으므로 \underline{w} 는 상기 수학식 23과 같이 여러 간섭 신호원의 방향 벡터의 합이 되고, $\underline{w}^H \underline{y}(k)$ 는 간섭신호원들의 합의 추정치가 되는 것이다.(S34) 따라서, 기준 안테나에서 수신된 신호 $r(k)$ 에서 간섭 신호원들의 추정치를 차감하면 신호원의 추정치가 되는 것이다.(S35)

실제 신호 환경에서 R_{yy} 와 \underline{r}_{yy} 을 각각 $R_{yy} = E[\underline{y}(t)\underline{y}^H(t)]$, $\underline{r}_{yy} = E[\underline{y}(t)r^*(t)]$ 로 구하기는 어렵다.

따라서, 다음과 같이 샘플링 된 신호를 통해서 $E[\underline{y}(k)\underline{y}^H(k)]$, $E[\underline{y}(k)r^*(k)]$ 를 구할 수 있다.

수학식 24

$$R_{yy}(k) = f R_{yy}(k-1) + \underline{y}(k)\underline{y}^H(k)$$

수학식 25

$$\underline{r}_{yy}(k) = f \underline{r}_{yy}(k-1) + \underline{y}(k)r^*(k)$$

이때, k 는 안테나 어레이로 수신된 신호를 샘플링하는 스냅샷 인덱스를 나타내고, H 는 허미션(Hermitian) 연산자를 나타내고, $*$ 는 공액 복소수를 나타낸다. 그리고, f 는 망각인자로서 0이상 1이하의 값을 갖는다.

한편, 평균 자승 오차를 최소화하는 것으로 잘 알려진 알고리즘으로는 LMS(최소 평균 자승)가 있고 LMS를 사용할 경우에는 다음과 같이 웨이트 벡터를 갱신하도록 유도할 수 있다.

수학식 26

$$\underline{w}(k+1) = \underline{w}(k) - \mu \nabla J \approx \underline{w}(k) + 2\mu \varepsilon^*(k) \underline{y}(k)$$

이때, ∇J 는 비용함수의 그레디언트 값을 의미하고 μ 의 값은 LMS의 적응 이득을 의미한다. 이때, k 는 안테나 어레이로 수신된 신호를 샘플링하는 스냅샷 인덱스를 나타낸다. 그리고, $\varepsilon^*(k)$ 는 $\varepsilon(k)$ 의 공액 복소수를 나타낸다.

발명의 효과

이상의 설명에서와 같이 본 발명은 첫째로 $O(N)$ 의(N : antenna array에서 antenna element의 수) 계산량을 가지기 때문에 실시간 처리가 가능하다.

둘째, 기존의 방향 추정 기술인 MUSIC에서 필요로 하는 잡음 성분의 자기 상관 행렬을 추정할 필요가 없다.

셋째, 종래 MUSIC 알고리즘에서 필요한 입사각 전체에 대한 안테나 어레이의 수신 신호의 합인 array manifold도 미리 계산할 필요가 없다.

넷째, 안테나 어레이를 사용하는 CDMA 시스템에서 기지국에서 단말기로부터의 신호를 수신할 때 안테나 어레이로 빔 패턴을 생성하는 역방향 빔 형성시에 일단 원하는 신호원의 방향 벡터를 추정한 후 본 발명의 간섭 신호 제거 기법을 사용하면 CDMA 시스템에서 필연적으로 발생하는 간섭신호 성분을 수신 신호에서 제거함으로써 통신 품질 향상에 기여할 수 있다.

이상 설명한 내용을 통해 당업자라면 본 발명의 기술 사상을 일탈하지 아니하는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능함을 알 수 있을 것이다.

따라서, 본 발명의 기술적 범위는 실시예에 기재된 내용으로 한정하는 것이 아니라 특허 청구 범위에 의해서 정해져야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

안테나 어레이 시스템에서 간섭과 잡음의 영향을 줄여주기 위한 웨이트 벡터를 매 스냅샷마다 제공하는 신호처리 방법에 있어서,

안테나 어레이의 수신신호 벡터로부터 원하는 신호(원신호)의 방향벡터를 추정하여 상기 안테나 어레이의 수신신호 벡터에서 이 원하는 신호(원신호)의 방향벡터를 차감하는 단계와;

기준 안테나의 수신신호 벡터를 추정하여, 이 기준 안테나의 수신신호 벡터에서 상기 차감된 안테나 어레이의 수신신호 벡터에 웨이트 벡터가 곱해진 값을 차감한 값이 최소 평균 자승을 만족하는 웨이트 벡터를 산출하는 단계와;

상기 산출된 웨이트 벡터를 허미션(Hermitian) 연산한 결과값과 상기 차감된 안테나 어레이의 수신신호 벡터의 곱에 의해 간섭 신호를 추정하는 단계와;

상기 기준 안테나의 수신신호 벡터로부터 상기 추정된 간섭 신호를 제거하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 안테나 어레이를 이용한 CDMA 시스템에서의 간섭신호 제거 방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 차감하는 단계에서 원신호의 방향벡터 추정은 갱신 인덱스 m 이 무한대로 발산한다고 가정하는 경우에 수신신호 벡터의 자기 상관 행렬과 ε_m 의 곱을 이 곱의 절대값으로 나누어 구해지는 값이 수렴하는 값을 이용하는 것을 특징으로 하는 안테나 어레이를 이용한 CDMA 시스템에서의 간섭신호 제거 방법.

청구항 3.

제 2항에 있어서, 상기 안테나 어레이의 수신신호 벡터 $[x(k)]$ 의 자기상관 행렬 $[R(x)]$ 은, 0에서 1의 값을 갖는 망각인자 f 와 스냅샷 인덱스 k 와 허미션(Hermitian) 연산자 H 에 대해 " $x(k)$ "의 관계를 갖는 것을 특징으로 하는 안테나 어레이를 이용한 CDMA 시스템에서의 간섭신호 제거 방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 차감하는 단계에서 원신호의 방향 벡터를 차감한 값은 원신호의 입사각 θ_1 에 대해 " $z_1 = e^{-j\pi \sin \theta_1}$ "의 값을 갖는 신호 제거 행렬 " $z_1 = e^{-j\pi \sin \theta_1}$ "에 안테나 어레이의 수신신호 벡터를 곱하여 구해지는 것을 특징으로 하는 안테나 어레이를 이용한 CDMA 시스템에서의 간섭신호 제거 방법.

청구항 5.

제 4항에 있어서, 상기 신호 제거 행렬과 원신호의 방향 벡터의 곱은, 임의의 간섭 신호의 입사각 θ 와 원신호의 입사각 θ_1 에 대해 " $e^{-j\pi \sin \theta} - e^{-j\pi \sin \theta_1}$ "의 관계를 만족하는 $a(\theta)$ 와 안테나 어레이의 일반적인 방향 벡터인 $\underline{a}(\theta)$ 와 같은 관계를 가지며 그 크기가 $N-1$ 인 행렬 $\underline{a}(\theta)$ 와의 곱과 같은 값을 갖는 것을 특징으로 하는 안테나 어레이를 이용한 CDMA 시스템에서의 간섭신호 제거 방법.

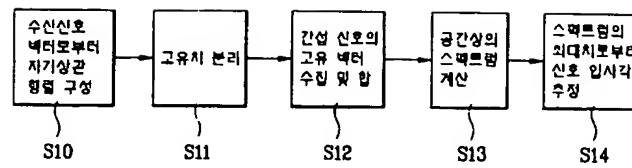
청구항 6.

제 1항에 있어서, 상기 웨이트 벡터를 산출하는 단계에서

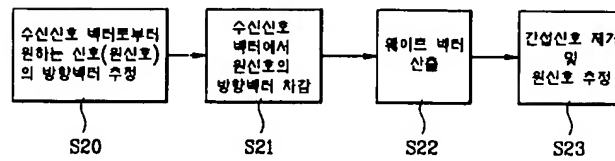
상기 웨이트 벡터는 상기 차감된 안테나 어레이 수신신호 벡터와 이 수신신호 벡터의 허미션(Hermitian) 연산값과의 곱을 평균한 값의 역행렬과, 상기 차감된 안테나 어레이 수신신호 벡터와 상기 기준 안테나의 수신신호 벡터의 공액 복소수와의 곱을 평균한 값의 곱에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 안테나 어레이를 이용한 CDMA 시스템에서의 간섭신호 제거 방법.

도면

도면 1



도면 2



도면 3

